

Inersia

Jurnal Teknik Sipil

Artikel

Perilaku Kuat Tekan Mortar Semen Pasangan Dengan Abu Sabut Cangkang Sawit
Yang Dioven Dan Tidak Dioven

Elhusna, Agustin Gunawan, Dofi Hendro Fogi

Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah Di Daerah Permukiman
(Studi Kasus Di Perumahan RT. II, III Dan IV Perumnas Lingkar Timur Bengkulu)

Kurnia Iriani, Agustin Gunawan, Besperi

Sumur Resapan Air Limbah Kamar Mandi Untuk Keseimbangan Permukaan Air Tanah Di Daerah
Permukiman (Studi Kasus Di perumahan RT. II, III Dan IV Perumnas Lingkar Timur Bengkulu)

Anggun Lia Anestri, Agustin Gunawan, Besperi

Evaluasi Kinerja Saluran Primer Dan Bangunan Sadap Untuk Menentukan Metode Pemeliharaan
Daerah Irigasi Air Ngalam Kabupaten Seluma

Fanny Dwiulitasari Edwar, Muhammad Fauzi, Besperi

Pengaruh Angin Terhadap Tinggi Gelombang Pada Struktur Bangunan *Breakwater*
Di Tapak Paderi Kota Bengkulu

Prima Nadia, Muhammad Ali, Besperi

Efektifitas Penerapan Belok Kiri Langsung (Studi Kasus Jalan Soeprapto Kota Bengkulu)

Samsul Bahri, Vitria Elsandiy

*Stability Analysis Of Edge River Lawe Liang Panggi At Leuser Sub-District,
Southeast Aceh Regency Towards Flash Flood*

Azmeri, Devi Sundary

Kajian Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Bata Merah

Deltiana Rosalia, Elhusna, Agustin Gunawan

Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Kolom Dengan Variasi Nilai p Dan f_c'

Gerry Revaldo, Fepy Supriani, Mukhlis Islam

Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Balok Dengan Variasi Nilai p Dan f_c'

Marrolan, Fepy Supriani, Mukhlis Islam

**Fakultas Teknik
Universitas Bengkulu**

**PERENCANAAN SUMUR RESAPAN AIR HUJAN
UNTUK KONSERVASI AIR TANAH DI DAERAH PERMUKIMAN
(STUDI KASUS DI PERUMAHAN RT. II, III, DAN IV
PERUMNAS LINGKAR TIMUR BENGKULU)**

Kurnia Iriani¹⁾, Agustin Gunawan²⁾, Besperi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087, e-mail : kurnia.iriani@gmail.com

^{2,3)} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Bengkulu

Abstrak

Meningkatnya pembangunan sarana kehidupan di masyarakat memicu perubahan tata guna lahan yang menyebabkan berkurangnya lahan terbuka sebagai lahan resapan. Hal ini menyebabkan terjadinya aliran permukaan (*run-off*) dan air hujan yang terserap oleh tanah sedikit. Untuk itu, perlu dibuat suatu tampungan berupa sumur resapan yang berfungsi menampung dan menyerap air hujan ke dalam tanah secara perlahan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah dan konstruksi sumur resapan. Penelitian dilaksanakan di perumahan RT. II, III, dan IV Perumnas Lingkar Timur Kota Bengkulu dengan jumlah rumah sebanyak 153 unit. Penelitian ini menggunakan metode survei berupa pengukuran, kuisioner/wawancara, dan percobaan peresapan untuk memperoleh data yang dibutuhkan. Berdasarkan data dan analisis perhitungan sesuai SK SNI 03-2453-2002, dapat ditentukan sumur resapan yang berbentuk lingkaran dengan diameter 1 meter dan kedalaman 3 meter untuk sumur resapan individual, sedangkan sumur resapan komunal berbentuk lingkaran dengan diameter 1,4 meter dan kedalaman 3 meter sebanyak 92 buah. Alternatif lain yaitu sumur resapan yang berbentuk segi empat dengan lebar 1,2 meter dan kedalaman 1,5 meter untuk sumur resapan individual, sedangkan sumur resapan komunal berbentuk segi empat dengan lebar 1,4 meter dan kedalaman 3 meter sebanyak 72 buah. Konstruksi sumur resapan yang sesuai menurut Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman (2002) adalah dinding pasangan batako atau bata merah tanpa diplester dan diantara pasangannya diberi lubang.

Kata kunci: air hujan, aliran permukaan, konstruksi, sumur resapan.

Abstract

The increasing of development for supporting facilities in public life triggers transformation of land use and decreasing of open space for infiltration area. This causes surface flow (run-off) and some rainwater infiltrating into land. Therefore, it is necessary made a patch like the infiltration well which is used to patch and then infiltrate rainwater into soil slowly. The purpose of this research was to determine amount and construction of infiltration well. This research was executed in housing RT. II, III, and IV Lingkar Timur at Bengkulu City that has number of house 153. This study used survey methods such as measuring, questionnaire/interviewing, and percolation test to obtain the required data. Based on the data and analysis of calculation according to SK SNI 03-2453-2002, was determined that for individual infiltration well, the form of infiltration well was circle with a diameter of 1 m and a depth of 3 m, while for communal infiltration well was circle with a diameter of 1.4 m and a depth of 3 m (by 92 pieces). The others alternative form for individual infiltration well was

square with a width of 1.2 m and a depth of 1.5 m, while for communal infiltration well was square with a width of 1.4 m and a depth of 3 m (by 72 pieces). Construction of infiltration well according to Technical Instruction Applying Drainage Method with Environmental Concept In Residence Area (2002) was brick wall or red brick pair without plastered and among it given hole.

Keywords: *rainwater, run-off, construction, infiltration well.*

**PERENCANAAN SUMUR RESAPAN AIR HUJAN
UNTUK KONSERVASI AIR TANAH DI DAERAH PERMUKIMAN
(STUDI KASUS DI PERUMAHAN RT. II, III, DAN IV
PERUMNAS LINGKAR TIMUR BENGKULU)**

Kurnia Iriani¹⁾, Agustin Gunawan²⁾, Besperi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087, e-mail : kurnia.iriani@gmail.com

^{2,3)} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Bengkulu

Abstrak

Meningkatnya pembangunan sarana kehidupan di masyarakat memicu perubahan tata guna lahan yang menyebabkan berkurangnya lahan terbuka sebagai lahan resapan. Hal ini menyebabkan terjadinya aliran permukaan (*run-off*) dan air hujan yang terserap oleh tanah sedikit. Untuk itu, perlu dibuat suatu tampungan berupa sumur resapan yang berfungsi menampung dan menyerap air hujan ke dalam tanah secara perlahan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah dan konstruksi sumur resapan. Penelitian dilaksanakan di perumahan RT. II, III, dan IV Perumnas Lingkar Timur Kota Bengkulu dengan jumlah rumah sebanyak 153 unit. Penelitian ini menggunakan metode survei berupa pengukuran, kuisioner/wawancara, dan percobaan peresapan untuk memperoleh data yang dibutuhkan. Berdasarkan data dan analisis perhitungan sesuai SK SNI 03-2453-2002, dapat ditentukan sumur resapan yang berbentuk lingkaran dengan diameter 1 meter dan kedalaman 3 meter untuk sumur resapan individual, sedangkan sumur resapan komunal berbentuk lingkaran dengan diameter 1,4 meter dan kedalaman 3 meter sebanyak 92 buah. Alternatif lain yaitu sumur resapan yang berbentuk segi empat dengan lebar 1,2 meter dan kedalaman 1,5 meter untuk sumur resapan individual, sedangkan sumur resapan komunal berbentuk segi empat dengan lebar 1,4 meter dan kedalaman 3 meter sebanyak 72 buah. Konstruksi sumur resapan yang sesuai menurut Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman (2002) adalah dinding pasangan batako atau bata merah tanpa diplester dan diantara pasangannya diberi lubang.

Kata kunci: air hujan, aliran permukaan, konstruksi, sumur resapan.

Abstract

The increasing of development for supporting facilities in public life triggers transformation of land use and decreasing of open space for infiltration area. This causes surface flow (run-off) and some rainwater infiltrating into land. Therefore, it is necessary made a patch like the infiltration well which is used to patch and then infiltrate rainwater into soil slowly. The purpose of this research was to determine amount and construction of infiltration well. This research was executed in housing RT. II, III, and IV Lingkar Timur at Bengkulu City that has number of house 153. This study used survey methods such as measuring, questionnaire/interviewing, and percolation test to obtain the required data. Based on the data and analysis of calculation according to SK SNI 03-2453-2002, was determined that for individual infiltration well, the form of infiltration well was circle with a diameter of 1 m and a depth of 3 m, while for communal infiltration well was circle with a diameter of 1.4 m and a depth of 3 m (by 92 pieces). The others alternative form for individual infiltration well was

square with a width of 1.2 m and a depth of 1.5 m, while for communal infiltration well was square with a width of 1.4 m and a depth of 3 m (by 72 pieces). Construction of infiltration well according to Technical Instruction Applying Drainage Method with Environmental Concept In Residence Area (2002) was brick wall or red brick pair without plastered and among it given hole.

Keywords: *rainwater, run-off, construction, infiltration well.*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan ekonomi di Indonesia, telah menyebabkan peningkatan kebutuhan terhadap permukiman. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan fungsi tata guna lahan. Semakin meningkat pengalihan fungsi dari lahan terbuka menjadi lahan permukiman menyebabkan berkurangnya daerah resapan air hujan. Perubahan tata guna lahan juga mempengaruhi sistem hidrologi sehingga dapat menyebabkan terjadinya banjir pada musim hujan dan kekeringan di musim kemarau (Nurroh dkk., 2009).

Daerah permukiman sebenarnya sangat tergantung dengan sumber daya alam berupa air yang diperlukan untuk kelangsungan hidup orang banyak, bahkan semua makhluk hidup yang berada di suatu kawasan tersebut. Keperluan air di daerah permukiman semakin lama akan semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Namun, air permukaan secara kuantitatif semakin lama ketersediaannya semakin terbatas dan secara kualitatif semakin lama semakin menurun (Siswanto, 2001).

Salah satu sistem drainase berwawasan lingkungan untuk pengendalian air, baik mengatasi banjir dan kekeringan adalah sumur resapan. Sumur resapan merupakan upaya memperbesar resapan air hujan ke dalam tanah dan memperkecil aliran permukaan sebagai penyebab banjir (Arafat, 2008).

Dengan pengaliran air yang terkendali dan semakin bertambahnya air hujan yang dapat

meresap ke dalam tanah, maka kondisi air tanah akan semakin baik. Kondisi air tanah yang semakin baik dapat memberikan banyak manfaat kepada penduduk daerah permukiman (Siswanto, 2001).

Provinsi Bengkulu merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia, yang jumlah penduduknya setiap tahun cenderung meningkat. Kepadatan penduduk yang terus meningkat ini menyebabkan lahan banyak digunakan untuk permukiman dan pembangunan. Salah satu daerah permukiman dengan kondisi perumahan sangat padat adalah Perumnas Lingkar Timur Kota Bengkulu. Perumahan ini memiliki jarak antar rumah sangat dekat, serta pekarangan rumah sebagai lahan terbuka sangat sempit bahkan ada beberapa rumah tanpa lahan terbuka sedikitpun. Daerah perumahan tersebut akan diamati dalam penelitian ini, khususnya daerah RT. II, III, dan IV dengan jumlah rumah sebanyak 153 unit.

Terbatasnya ketersediaan lahan untuk resapan air serta belum adanya penerapan sumur resapan air hujan di daerah perumahan RT. II, III, dan IV Perumnas Lingkar Timur Kota Bengkulu, membuat penulis tergerak untuk merencanakan sumur resapan di daerah perumahan tersebut.

Konservasi Air Tanah

Suatu konsep perencanaan pembangunan kota yang mengintegrasikan antara tata guna lahan dengan tata guna air diperlukan agar ketersediaan air dapat memenuhi kebutuhan kota dalam jangka panjang dan berkelanjutan. Salah satu caranya melalui

kegiatan konservasi air, yaitu upaya-upaya yang ditujukan untuk meningkatkan volume air tanah, meningkatkan efisiensi penggunaannya, dan memperbaiki kualitasnya sesuai dengan peruntukannya (Suripin dalam Anwar, 2005).

Konservasi air tanah menurut Danaryanto, dkk dalam Riastika (2011) adalah upaya melindungi dan memelihara keberadaan, kondisi, dan lingkungan air tanah. Hal tersebut guna mempertahankan kelestarian atau kesinambungan ketersediaan dalam kuantitas dan kualitas yang memadai, demi kelangsungan fungsi dan kemanfaatannya untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik waktu sekarang maupun pada generasi yang akan datang.

Sumur Resapan Secara Umum

Sumur resapan merupakan sumur atau lubang pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan adalah lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum adalah untuk menaikkan air tanah ke permukaan (Kusnaedi, 2011).

Sistem resapan buatan ini dapat menampung air hujan melalui atap bangunan atau aliran permukaan yang tidak terserap oleh permukaan tanah, dapat berbentuk sumur, kolam resapan, saluran *porous* (berpori), dan sejenisnya (Fakhrudin, 2010).

Sunjoto dalam Anwar (2005) mengemukakan bahwa upaya pembangunan sumur resapan air hujan merupakan teknik konservasi air yang pada hakekatnya adalah upaya manusia dalam mempertahankan, meningkatkan, dan mengembangkan daya guna air sesuai dengan peruntukannya dan dapat dicapai dengan memperbesar tampungan air tanah, memperkecil dimensi jaringan drainase, mempertahankan elevasi muka air tanah, mencegah intrusi air laut

untuk daerah pantai, dan memperkecil tingkat pencemaran air tanah.

Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam lubang atau sumur agar air dapat memiliki waktu tinggal di permukaan tanah lebih lama, sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah (Kusnaedi, 2011).

Konstruksi Sumur Resapan

Bentuk dan jenis bangunan sumur resapan dapat dibuat berbentuk segiempat atau silinder dengan kedalaman tertentu dan dasar sumur terletak di atas permukaan air tanah.

Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum menetapkan data teknis sumur resapan air sebagai berikut:

1. Ukuran maksimum diameter 1,4 meter.
2. Ukuran pipa masuk diameter 110 mm.
3. Ukuran pipa pelimpah diameter 110 mm.
4. Ukuran kedalaman 1,5 sampai dengan 3 meter.
5. Dinding dibuat dari pasangan bata atau batako dari campuran 1 semen : 4 pasir tanpa plester.
6. Rongga sumur resapan diisi dengan batu kosong 20/20 setebal 40 cm.
7. Penutup sumur resapan dari plat beton tebal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil.

Sumur resapan air hujan harus dibuat dengan konstruksi tahan terhadap tekanan tanah pada kedalaman tertentu. Beberapa tipe dan konstruksi sumur resapan air hujan dan peruntukannya (Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman, 2002):

1. Tipe I, dengan dinding tanah.

Tipe ini diterapkan pada kedalaman tanah 1,50 m, untuk jenis tanah geluh kelanauan.

2. Tipe II, dengan dinding pasangan batako atau bata merah tanpa diplester, dan diantara pasangannya diberi lubang. Tipe ini diterapkan pada kedalaman tanah maksimum 3 m, untuk semua jenis tanah.
3. Tipe III, dengan dinding buis beton porous/tidak porous dan pada ujung pertemuan sambungannya diberi celah lubang. Tipe ini diterapkan pada kedalaman maksimum sampai dengan permukaan air tanah, untuk jenis tanah berpasir.
4. Tipe IV, dengan buis beton berlubang. Tipe ini diterapkan pada kedalaman maksimum sampai dengan permukaan air tanah, untuk jenis tanah berpasir.

Menurut Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman (2002), dijelaskan bahan dan konstruksi untuk sumur resapan air hujan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan dan Komponen Sumur Resapan Air Hujan.

No	Bahan Sumur Resapan Air Hujan	Komponen
1	Plat beton bertulang tebal 10 cm, campuran 1 semen : 2 pasir beton : 3 kerikil	Penutup sumur
2	Plat beton tidak bertulang tebal 10 cm, campuran 1 : 2 : 3 berbentuk cubung dan tidak diberi beban diatasnya	Penutup sumur
3	<i>Ferrocement</i> tebal 10 cm	Penutup sumur, dinding sumur bagian atas, dinding sumur bagian bawah
4	Pasangan ½ bata merah atau batako, campuran 1 : 4, diplester dan diaci semen	Dinding sumur bagian atas dan dinding sumur bagian bawah

No	Bahan Sumur Resapan Air Hujan	Komponen
5	Pasangan ½ batako campuran 1 : 4, jarak kosong antar batako 10 cm, tanpa plester	Dinding sumur bagian atas dan dinding sumur bagian bawah
6	Beton bertulang pracetak Ø 80-100 cm	Dinding sumur bagian atas dan dinding sumur bagian bawah
7	Beton bertulang pracetak Ø 100 cm, dinding porous	Dinding sumur bagian atas dan dinding sumur bagian bawah
8	Batu pecah ukuran 10 – 20 cm	Pengisi sumur
9	Pecahan bata merah ukuran 5 – 10 cm	Pengisi sumur
10	Ijuk	Pengisi sumur
11	Pipa PVC dan perlengkapannya Ø 110 mm	Saluran air hujan
12	Pipa beton Ø 200 mm	Saluran air hujan
13	Pipa beton ½ lingkaran, Ø 200 mm	Saluran air hujan

Sumber: *Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman, 2002.*

Persyaratan Sumur Resapan

Persyaratan umum sumur resapan yang harus dipenuhi berdasarkan SNI No. 03-2453-2002 antara lain sebagai berikut:

1. Sumur resapan air hujan ditempatkan pada lahan yang relatif datar.
2. Air yang masuk ke dalam sumur resapan adalah air hujan tidak tercemar.
3. Penetapan sumur resapan air hujan harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya.
4. Harus memperhatikan peraturan daerah setempat.
5. Hal-hal yang tidak memenuhi ketentuan ini harus disetujui instansi yang berwenang.

Persyaratan teknis yang harus dipenuhi (SNI No. 03-2453-2002):

1. Kedalaman air tanah minimum 1,50 m pada musim hujan.

2. Struktur tanah yang dapat digunakan harus mempunyai nilai permeabilitas tanah $\geq 2,0$ cm/jam. Artinya, genangan air setinggi 2 cm akan teresap habis dalam 1 jam. Adapun 3 klasifikasi nilai permeabilitas, yaitu:
 - a. Permeabilitas tanah sedang (geluh kelanauan), yaitu $2,0 - 3,6$ cm/jam atau $0,48 - 0,864$ m³/m²/hari.
 - b. Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus), yaitu $3,6 - 36$ cm/jam atau $0,864 - 8,64$ m³/m²/hari.
 - c. Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar), yaitu lebih besar dari 36 cm/jam atau $8,64$ m³/m²/hari.
3. Jarak penempatan sumur resapan air hujan terhadap bangunan.

Analisis Hidrologi

Parameter statistik

Perhitungan parameter didasarkan pada data curah hujan harian maksimum, paling sedikit data 10 tahun terakhir (Muttaqin, 2006). Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Statistik Analisis Frekuensi

Parameter	Rumus
Rata-rata (\bar{x})	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ (1)
Simpangan baku (s)	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ (2)
Koefisien variasi (Cv)	$C_v = \frac{s}{\bar{x}}$ (3)
Koefisien skewness/ Kemencengan (Cs)	$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$ (4)
Koefisien kurtosis (Ck)	$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$ (5)

Sumber: Suripin, 2004.

Selanjutnya memilih metode distribusi yang akan digunakan dengan cara menyesuaikan parameter statistik yang didapat dari perhitungan data dengan

sifat-sifat yang ada pada metode-metode distribusi seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$ $(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$ $C_s \approx 0,0$ $C_k \approx 3,0$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s \approx 1,396$ $C_k \approx 5,4002$
4	Log Person III	jika tidak menunjukkan sifat dari ketiga distribusi di atas

Sumber: Triatmodjo dalam Situmorang, 2012

Perhitungan hujan rancangan

Perhitungan hujan rancangan dengan beberapa metode untuk masa ulang T tahun menggunakan rumus (Suripin, 2004):

1. Jenis distribusi Normal:
$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot s \quad (6)$$

2. Jenis distribusi Log Normal:
$$\log X_T = \log \bar{x} + K_T \cdot s \quad (7)$$

3. Jenis distribusi Log Pearson Tipe III
$$\log X_T = \log \bar{x} + K \cdot s \quad (8)$$

4. Jenis distribusi Gumbel:
$$X_T = \bar{x} + s \cdot K \quad (9)$$

Dimana:

X_T = hujan rancangan periode T tahun

\bar{x} = harga rata-rata sampel

K = faktor probabilitas

K_T = faktor probabilitas (dari Tabel Reduksi Gauss)

s = standar deviasi (simpangan baku)

Perhitungan sumur resapan air hujan

Perhitungan sumur resapan air hujan sesuai dengan SNI No. 03-2453-2002, terbagi atas:

1. Volume andil banjir
Volume andil banjir adalah volume air hujan yang jatuh ke bidang tadah, yang

akan dilimpaskan ke sumur resapan air hujan. Rumus yang digunakan:

$$V_{ab} = 0,855 \cdot C_{tad战略} \cdot A_{tad战略} \cdot R \quad (10)$$

Dimana:

V_{ab} = volume andil banjir yang akan ditampung sumur resapan (m^3)

$C_{tad战略}$ = koefisien limpasan dari bidang tadah (tanpa satuan)

$A_{tad战略}$ = luas bidang tadah (m^2)

R = tinggi hujan harian rata-rata ($L/m^2/hari$)

2. Volume air hujan yang meresap, digunakan rumus berikut:

$$V_{rsp} = \frac{t_e}{24} \cdot A_{total} \cdot k \quad (11)$$

$$t_e = 0,9 \cdot R^{0,92} / 60 \quad (12)$$

Dimana:

V_{rsp} = volume air hujan yang meresap (m^3)

t_e = durasi hujan efektif (jam)

A_{total} = luas dinding sumur + luas alas sumur (m^2)

k = koefisien permeabilitas tanah ($m/hari$)
(untuk dinding sumur yang kedap, nilai $k_v = k_h$. Untuk dinding yang tidak kedap, diambil nilai $k_{rata-rata}$)

3. Volume penampungan (storasi) air hujan, digunakan rumus berikut:

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp} \quad (13)$$

Penentuan sumur resapan air hujan

Penentuan jumlah sumur resapan air hujan didahului dengan menghitung H_{total} (SNI No. 03-2453-2002):

$$H_{total} = \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{A_h} \quad (14)$$

$$n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}} \quad (15)$$

Dimana:

n = jumlah sumur resapan air hujan (buah)

H_{total} = kedalaman total sumur resapan air hujan (m)

$H_{rencana}$ = kedalaman yang direncanakan < kedalaman air tanah (m)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode survei ke lokasi perumahan, dengan lokasi pengamatan di daerah perumahan Perumnas Lingkar Timur Bengkulu, tepatnya di RT. II, III, dan IV. Pada survei ini diamati secara langsung luas tanah bangunan, luas tanah berlebih (lahan terbuka), dan kemiringan atap perumahan (untuk mencari luasan atap). Pada daerah perumahan ini dilakukan percobaan peresapan (*percolation test*) untuk menentukan permeabilitas tanah. Hasil analisa hidrologi perhitungan curah hujan, perhitungan luas atap, dan permeabilitas tanah ini dijadikan dasar perhitungan dimensi sumur resapan yang akan direncanakan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua cara, yaitu:

1. Data primer

Data primer diperoleh dengan cara berhubungan secara langsung terhadap objek yang akan disurvei dan percobaan lapangan, termasuk dokumentasi lapangan, wawancara, serta menyebarkan kuisioner secara langsung kepada responden yang berada di perumahan lokasi penelitian.

2. Data sekunder

Data sekunder didapat dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Pulau Baai Bengkulu selama 10 tahun terakhir (dari tahun 2002 sampai 2011). Pengumpulan data sekunder lainnya dilakukan dengan cara memperoleh data dari studi literatur terhadap beberapa buku dan kumpulan jurnal.

Pengambilan sampel dilakukan secara acak dari 3 (tiga) RT (II, III, dan IV).

Tabel 4. Data Populasi dan Sampel Rumah

No	Nama RT	Jumlah Populasi Rumah	Jumlah Populasi Sampel
1	RT. II	21	16
2	RT. III	50	37
3	RT. IV	82	58
Jumlah		153	111

Rumus Yamane digunakan agar sampel mendekati populasi yang ada/*representative* (<http://great165.wordpress.com>):

$$n = \frac{N}{1 + NE^2} \quad (16)$$

Dimana:

n = jumlah sampel

N = jumlah populasi

E = presisi \pm 5% dengan tingkat kepercayaan 95%

Didapat jumlah sampel $110,669 \approx 111$ rumah, dan kemudian dari 111 rumah, sampel dibagi menurut populasi (metode alokasi proporsional) dengan rumus (populasi / Σ populasi x Σ sampel).

Selanjutnya dilakukan percobaan peresapan yang sesuai dengan percobaan terdahulu, yang dilakukan pada 3 titik (lokasi) berbeda dengan membuat sumur buatan yang mempunyai dimensi panjang 30 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 70 cm (Siswanto, 2001).

Berdasarkan percobaan ini, diamati tinggi muka air terhadap waktu yang dibutuhkan untuk meresapkan air. Hasil akhirnya diperoleh faktor peresapan dan nilai permeabilitas tanah. Tabel dan contoh perhitungan percobaan peresapan dapat dilihat pada Tabel 5.

Contoh Perhitungan:

Faktor resapan rata-rata = 1,263 menit/cm

$$\begin{aligned} \text{Permeabilitas} &= \frac{1}{\text{Faktor Resapan}} \\ &= \frac{1}{1,263 \text{ menit/cm}} \\ &= 0,4724 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

Tabel 5. Contoh Hasil Percobaan Peresapan

No	Tinggi Muka Air (cm)	Waktu (detik)	Selisih	Faktor Peresapan (menit/cm)
1	15	0	0	0
2	14	45	45	0,75
3	13	93	48	0,80
4	12	140	47	0,78
5	11	198	58	0,97
6	10	260	62	1,03
7	9	329	69	1,15
8	8	400	71	1,18
9	7	492	92	1,53
10	6	570	78	1,30
11	5	660	90	1,50
12	4	756	96	1,60
13	3	856	100	1,67
14	2	1002	146	2,43
Faktor Resapan Rata-Rata				1,26

Sumber: Siswanto, 2001.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Analisis Jawaban Kuisisioner

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa responden di daerah studi kasus penelitian belum mengetahui tentang sumur resapan dan fungsinya. Selain itu, hambatan mengenai keterbatasan lahan sangat dominan di daerah perumahan ini. Namun, setelah memberikan beberapa informasi tentang sumur resapan, mereka setuju dan berantusias dengan perencanaan sumur resapan. Mereka sangat mengharapkan bantuan dalam bentuk pembuatan contoh fisik sumur resapan, sebagai langkah awal penerapan sumur resapan di daerah perumahan tersebut.

Pengolahan Data Curah Hujan

Penentuan jenis distribusi atau sebaran hujan dilakukan dengan menganalisis data curah hujan maksimum harian yang diperoleh dengan menggunakan analisis frekuensi. Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel parameter statistika analisa frekuensi seperti pada Tabel 6, yang kemudian akan

dilakukan penentuan jenis distribusi sesuai dengan data yang didapat.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Parameter Statistik

Parameter	Hasil Perhitungan
\bar{x}	27,364
s	3,600
Cv	0,132
Cs	-0,010
Ck	2,782

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data, dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik yang diperoleh pada Tabel 6 dengan syarat masing-masing distribusi. Penentuan jenis distribusi ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Hasil Hitungan	Keterangan
1	Normal	$(\bar{x} \pm s) = 60\%$	Tidak Memenuhi
		$(\bar{x} \pm 2s) = 100\%$	
		$C_s = -0,010$	
		$C_k = 2,728$	
2	Log Normal	$C_s = -0,010$	Tidak Memenuhi
		$C_k = 2,728$	
3	Gumbel	$C_s = -0,010$	Tidak Memenuhi
		$C_k = 2,728$	
4	Log Person III	selain dari ketiga distribusi di atas	Memenuhi

Hujan Rancangan

Adapun langkah-langkah distribusi Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut:

1. Mengubah data ke dalam bentuk logaritmik.
2. Penjumlahan hujan harian dari data yang tersedia.
3. Menghitung harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Hasil perhitungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Parameter Statistik Log Pearson III

Parameter	Hasil Perhitungan
Log \bar{x}	1,434
s	0,058
Cs atau G	-0,168

4. Menghitung logaritma hujan tahunan atau banjir periode ulang. Hasil perhitungan hujan rancangan ini dapat dilihat pada Tabel 9.

Contoh perhitungan:

Untuk periode/kala ulang 2 tahun, nilai $K = 0,028$.

$$\log X_T = \log \bar{x} + (K \times s)$$

$$\log X_T = 1,437 + (0,028 \times 0,058)$$

$$\log X_T = 1,439$$

$$X_T = 27,479 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI No. 03-2453-2002 dalam perencanaan sumur resapan air hujan yang digunakan adalah periode ulang 5 tahunan, sehingga untuk perhitungan selanjutnya menggunakan hujan rancangan harian (R_{24}) sebesar 30,620 mm/hari.

Tabel 9. Hujan Rancangan Berbagai Periode Ulang

Kala Ulang	Nilai \bar{x}	Log \bar{x}	Nilai K	Nilai s	log X_T	X_T rancangan
2	27,364	1,437	0,028	0,058	1,439	27,479
5	27,364	1,437	0,849	0,058	1,486	30,620
10	27,364	1,437	1,262	0,058	1,510	32,359
25	27,364	1,437	1,692	0,058	1,535	34,277
50	27,364	1,437	1,963	0,058	1,551	35,563
100	27,364	1,437	2,202	0,058	1,564	36,644

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji Chi – Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah jenis distribusi sebaran yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Untuk $D_k = 2$ dan $\alpha = 5\%$ diperoleh harga $\chi^2_{cr} = 5,991$, dengan demikian $\chi^2_h = 2 < \chi^2_{cr} = 5,991$, sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji ini dilakukan dengan memplot data debit harian dan probabilitasnya, untuk memperoleh perbandingan empiris dalam bentuk grafis. Dari hasil plot ini dapat diketahui penyimpangan terbesar (D_{maks}). Penyimpangan ini kemudian dibandingkan dengan penyimpangan kritik yang masih diijinkan (D_0).

Untuk $N = 10$ dan $\alpha = 5\%$, diperoleh harga $D_{tabel} 5\% = 0,41$, dengan demikian $D_{hitung} = 0,13 < D_{tabel} 5\% = 0,41$, sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Perhitungan dan Penentuan Sumur Resapan Air Hujan

Sumur Resapan dengan Penampang Lingkaran

$$\begin{aligned}V_{ab} &= 0,855 \cdot C_{tadah} \cdot A_{tadah} \cdot R \\V_{ab} &= 0,855 \cdot 0,95 \cdot 112,193 \cdot 30,620 \\V_{ab} &= 2790,357 \text{ L} = 2,790 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume air hujan yang meresap, terlebih dahulu ditentukan diameter sumur (D_{sumur}) dan kedalaman rencana sumur ($H_{rencana}$). Untuk anggapan awal, ditetapkan:

$$\begin{aligned}D_{sumur} &= 1 \text{ m} \\H_{rencana} &= 3 \text{ m}\end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan volume air hujan yang meresap.

$$\begin{aligned}t_e &= 0,9 \cdot R^{0,92} / 60 \\t_e &= 0,9 \cdot (30,620)^{0,92} / 60 \\t_e &= 20,959 \text{ menit} \\t_e &= 0,349 \text{ jam}\end{aligned}$$

Untuk $A_{total \text{ sumur}}$ didapat dari penjumlahan luas dinding sumur (A_v) dan luas alas sumur (A_h):

$$\begin{aligned}A_{sumur} &= \text{luas dinding} + \text{luas alas} \\A_{sumur} &= (\pi \times D \times H) + \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right) \\A_{sumur} &= (\pi \times 1 \times 3) + \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (1)^2\right) \\A_{sumur} &= 9,420 + 0,785 = 10,205 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Nilai permeabilitasnya diambil dari rata-rata nilai faktor peresapan pada 3 titik percobaan, yang dapat dihitung dengan cara berikut:

$$\begin{aligned}k &= \frac{1}{\text{Faktor resapan rata-rata dari 3 titik percobaan}} \\&= \frac{1}{2,587} \\k &= 0,387 \text{ cm/menit} \\k &= 5,566 \text{ m/hari} \\k &= 5,566 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

Semua hasil perhitungan yang telah dicari, disubstitusikan ke dalam rumus:

$$\begin{aligned}V_{rsp} &= \frac{t_e}{24} \cdot A_{total \text{ sumur}} \cdot k \\V_{rsp} &= \frac{0,349}{24} \cdot 10,205 \cdot 5,566 \\V_{rsp} &= 0,827 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Untuk volume penampungan (storasi) air hujan, digunakan rumus:

$$\begin{aligned}V_{storasi} &= V_{ab} - V_{rsp} \\V_{storasi} &= 2,790 - 0,827 \\V_{storasi} &= 1,964 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Penentuan jumlah sumur resapan air hujan terlebih dahulu menghitung H_{total} :

$$\begin{aligned}H_{total} &= \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{A_h} \\H_{total} &= \frac{1,964}{0,785} = 2,501 \text{ m}\end{aligned}$$

Jumlah sumur resapan air hujan dengan rumus:

$$\begin{aligned}n &= \frac{H_{total}}{H_{rencana}} \\n &= \frac{2,501}{3}\end{aligned}$$

$$n = 0,83 \approx 1 \text{ buah sumur}$$

Sumur Resapan dengan Penampang Segi Empat

$$\begin{aligned} V_{ab} &= 0,855 \cdot C_{\text{tadah}} \cdot A_{\text{tadah}} \cdot R \\ V_{ab} &= 0,855 \cdot 0,95 \cdot 112,193 \cdot 30,620 \\ V_{ab} &= 2790,357 \text{ L} = 2,790 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume air hujan yang meresap, terlebih dahulu ditentukan lebar sumur (L_{sumur}) dan kedalaman rencana sumur (H_{rencana}). Untuk anggapan awal, ditetapkan:

$$\begin{aligned} L_{\text{sumur}} &= 1,2 \text{ m} \\ H_{\text{rencana}} &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan volume air hujan yang meresap.

$$\begin{aligned} t_e &= 0,9 \cdot R^{0,92} / 60 \\ t_e &= 0,9 \cdot (30,620)^{0,92} / 60 \\ t_e &= 20,959 \text{ menit} \\ t_e &= 0,349 \text{ jam} \end{aligned}$$

Untuk $A_{\text{total sumur}}$ didapat dari penjumlahan luas dinding sumur (A_v) dan luas alas sumur (A_h):

$$\begin{aligned} A_{\text{sumur}} &= \text{luas dinding} + \text{luas alas} \\ A_{\text{sumur}} &= (4 \times L \times H) + (L^2) \\ A_{\text{sumur}} &= (4 \times 1,2 \times 1,5) + ((1,2)^2) \\ A_{\text{sumur}} &= 7,200 + 1,440 = 8,640 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk nilai permeabilitas sumur resapan dengan penampang segi empat sama seperti nilai permeabilitas dengan penampang lingkaran, yaitu sebesar $5,566 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$. Semua hasil perhitungan yang telah dicari, disubstitusikan ke dalam rumus:

$$\begin{aligned} V_{\text{rsp}} &= \frac{t_e}{24} \cdot A_{\text{total sumur}} \cdot k \\ V_{\text{rsp}} &= \frac{0,349}{24} \cdot 8,640 \cdot 5,566 \\ V_{\text{rsp}} &= 0,700 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk volume penampungan (storasi) air hujan, digunakan rumus:

$$\begin{aligned} V_{\text{storasi}} &= V_{ab} - V_{\text{rsp}} \\ V_{\text{storasi}} &= 2,790 - 0,700 = 1,964 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Penentuan jumlah sumur resapan air hujan terlebih dahulu menghitung H_{total} :

$$H_{\text{total}} = \frac{V_{ab} - V_{\text{rsp}}}{A_h}$$

$$H_{\text{total}} = \frac{2,090}{1,440} = 1,452 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan air hujan dengan rumus:

$$\begin{aligned} n &= \frac{H_{\text{total}}}{H_{\text{rencana}}} \\ n &= \frac{1,452}{1,5} \\ n &= 0,97 \approx 1 \text{ buah sumur} \end{aligned}$$

Perbedaan perhitungan untuk sumur resapan komunal dengan sumur resapan individual (telah dibahas sebelumnya), hanya terdapat pada luas tadah (atap). Pada perhitungan sebelumnya digunakan luas atap rata-rata, sedangkan untuk atap komunal ini digunakan luas atap total.

Hasil akhir dari perhitungan jumlah sumur resapan komunal yaitu untuk 153 unit rumah di perumahan tersebut diperlukan jumlah sumur resapan berpenampang lingkaran sebanyak 92 buah, dengan diameter 1,4 m dan kedalaman rencana 3 m. Untuk sumur resapan berpenampang segi empat diperlukan sebanyak 72 buah, dengan dimensi yang sama (diameter 1,4 m dan kedalaman rencana 3 m).

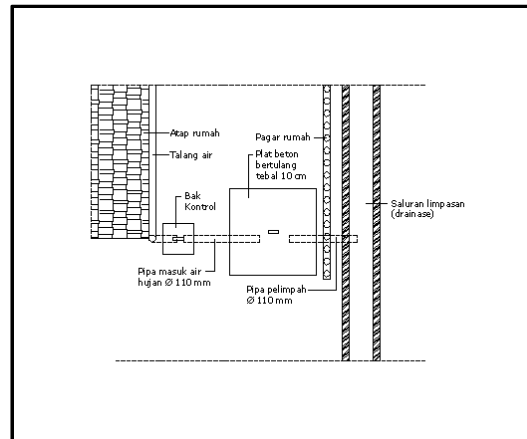
Konstruksi Sumur Resapan

Konstruksi sumur resapan air hujan yang sesuai untuk daerah perumahan di RT. II, III, dan IV Perumnas Lingkar Timur ini, menurut Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman (2002) adalah konstruksi tipe II, karena tipe ini diterapkan pada kedalaman tanah maksimum 3 m dan untuk semua jenis tanah. Konstruksinya dengan dinding pasangan batako atau bata merah tanpa diplester, dan diantara pasangannya diberi lubang. Detail bahan dan komponen sumur resapan air hujan yang dipilih, dapat dilihat pada Tabel 10.

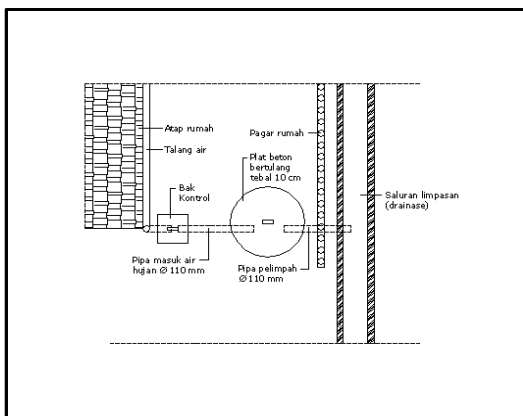
Tabel 10. Bahan dan Komponen Sumur Resapan Air Hujan Terpilih

No	Bahan Sumur Resapan Air Hujan	Komponen
1	Plat beton bertulang tebal 10 cm, campuran 1 semen : 2 pasir beton : 3 kerikil	Penutup sumur
2	Pasangan ½ batako campuran 1 : 4, jarak kosong antar batako 10 cm, tanpa plester	Dinding sumur bagian atas dan dinding sumur bagian bawah
3	Ijuk	Pengisi sumur
4	Pipa PVC dan perlengkapannya Ø 110 mm	Saluran air hujan

Gambar 2. Potongan Sumur Resapan Individual Lingkaran

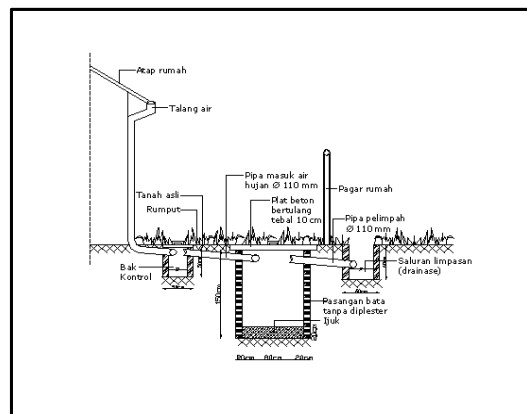


Gambar Rencana Sumur Resapan

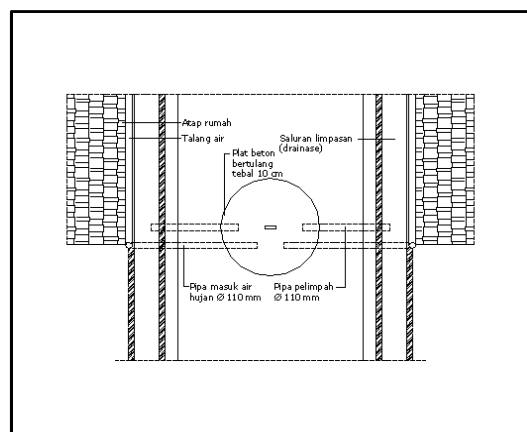
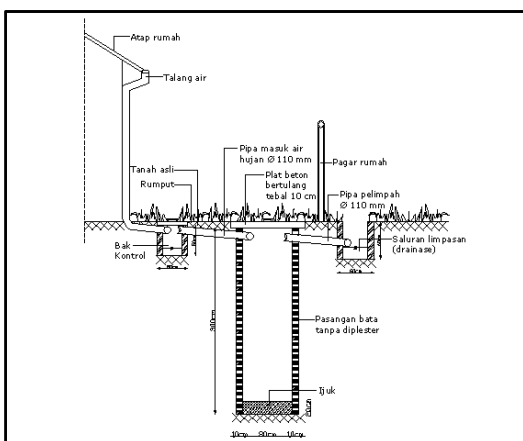


Gambar 1. Tampak Atas Sumur Resapan Individual Lingkaran

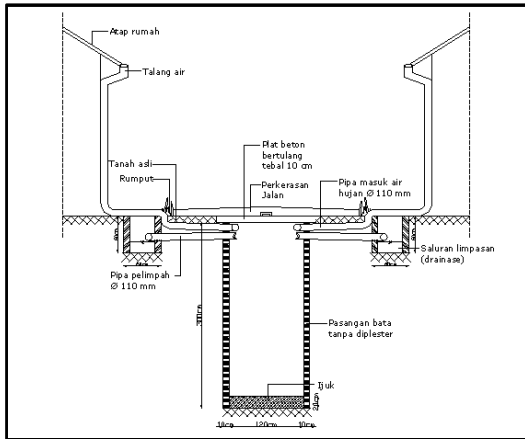
Gambar 3. Tampak Atas Sumur Resapan Individual Segi Empat



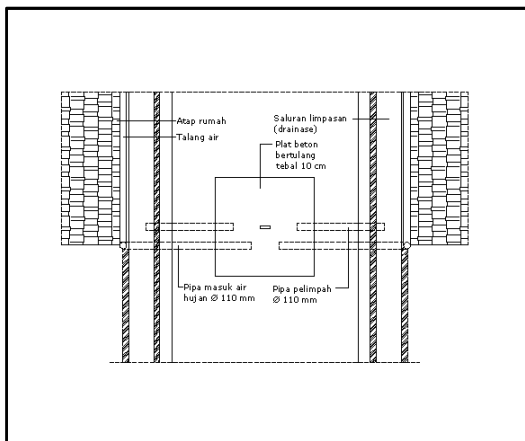
Gambar 4. Potongan Sumur Resapan Individual Segi Empat



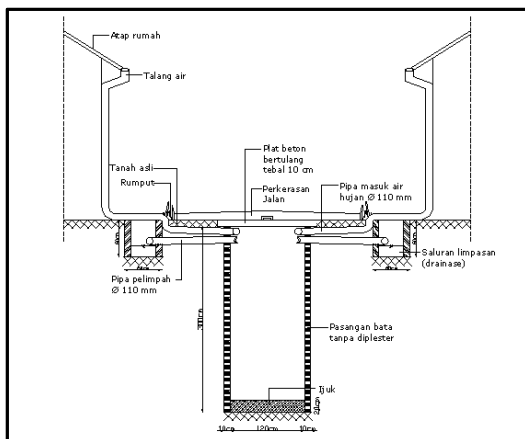
Gambar 5. Tampak Atas Sumur Resapan Komunal Lingkaran



Gambar 6. Potongan Sumur Resapan Komunal Lingkaran



Gambar 7. Tampak Atas Sumur Resapan Komunal Segi Empat



Gambar 8. Potongan Sumur Resapan Komunal Segi Empat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pada daerah perumahan Perumnas Lingkar Timur khususnya RT. II, III, dan IV diperlukan sumur resapan yang berbentuk lingkaran dengan diameter 1 meter dan kedalaman 3 meter untuk sumur resapan individual, sedangkan sumur resapan komunal berbentuk lingkaran dengan diameter 1,4 meter dan kedalaman 3 meter sebanyak 92 buah.
2. Alternatif lain dapat dibuat sumur resapan yang berbentuk segi empat dengan lebar 1,2 meter dan kedalaman 1,5 meter untuk sumur resapan individual, sedangkan sumur resapan komunal berbentuk segi empat dengan lebar 1,4 meter dan kedalaman 3 meter sebanyak 72 buah.
3. Konstruksi sumur resapan air hujan yang sesuai untuk daerah perumahan ini menurut Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman (2002) adalah konstruksi dengan dinding pasangan batako atau bata merah tanpa diplester, dan diantara pasangannya diberi lubang (konstruksi tipe II).
4. Bahan dan komponen yang dipilih untuk konstruksi sumur resapan air hujan di daerah perumahan ini, yaitu: untuk penutup sumur berupa plat beton bertulang setebal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir beton : 3 kerikil, untuk dinding sumur berupa pasangan $\frac{1}{2}$ batako campuran 1 : 4 dengan jarak kosong antar batako 10 cm dan tanpa

diplester, untuk pengisi dasar sumur berupa ijuk, serta untuk saluran air hujan berupa pipa PVC dan perlengkapannya dengan Ø 110 mm (Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman, 2002).

Saran

Perlu dicoba perencanaan sumur resapan air hujan ditempat lain, untuk mengetahui jumlah dan jenis konstruksi sumur resapan yang dapat dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Z. 2005. *Evaluasi Kebijakan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah Dangkal Di Kabupaten Sleman*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Arafat, Y. 2008. *Reduksi Beban Aliran Drainase Permukaan Menggunakan Sumur Resapan*. Jurnal SMARTek, Vol. 6, No. 3, Agustus, 144 – 153.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Petunjuk Teknis Tata Cara Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Permukiman*.
- SNI No. 03-2453-2002. 2002. *Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Fakhrudin, M. 2010. *Kajian Sumur Resapan Sebagai Pengendali Banjir dan Kekeringan Di Jabodetabek*. Jurnal LIMNOTEK 17 (1), April, 8 – 16.
- <http://great165.wordpress.com>, 2 November 2012, 12:51 wib.
- Kusnaedi. 2011. *Sumur Resapan Untuk Pemukiman Perkotaan dan Pedesaan, Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Muttaqin, A.Y. 2006. *Kinerja Sistem Drainase yang Berkelanjutan Berbasis Partisipasi Masyarakat*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Nurroh, S. Ghufrona, R.R., dan Dairiana, A. 2009. *Pengaruh Sumur Resapan Terhadap Sistem Hidrologi dan Aplikasinya terhadap Pemukiman Di Jakarta Barat*.
- Riastika, M. 2011. *Pengelolaan Air Tanah Berbasis Konservasi Di Recharge Area Boyolali*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Siswanto, J. 2001. *Sistem Drainase Resapan Untuk Meningkatkan Pengisian (Recharge) Air Tanah*. Jurnal Natur Indonesia III (2): 129 – 137.
- Situmorang, T. 2012. *Analisis Pemukiman terhadap Banjir yang Berwawasan Lingkungan*. Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi, Yogyakarta.

